

学校编码: 10384
学号:

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于神经网络的移动机器人环境识别

Mobile Robots Environment Recognition

Based on Neural Network

指导教师姓名:

专 业 名 称:

论文提交日期: 2009 年 5 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):
年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

移动机器人主要通过视觉、触觉、距离等传感器来感知外部世界。研究如何利用移动机器人视觉对环境的识别具有重大的理论意义与实际意义。

利用神经网络进行图像模式识别是一种近年来行之有效的方法。传统上,利用神经网络进行图像模式识别时,一般都要先提取图像特征,然后选取研究者认为最重要的部分特征送入神经网络识别器进行训练与识别。但选取什么特征,保留多少特征,至今并没有一个统一的方法。

论文改进了本实验室提出的基于遗传算法的部分连接神经网络(PARCONe),使之可以在数万输入的情况实现对环境的识别,并用于实际的移动机器人的视觉环境识别。该网络允许大量的输入神经元,而不会陷于“维数灾难”;该神经网络的中间层是网状连接的,但每个神经元只与固定数目的其他神经元相连。训练时,不对图像作特征提取,而是直接把移动机器人观察到的图像的所有像素作为神经网络的输入。利用遗传算法对网络中的各个连接及其权值进行优化选择与计算。该网络透明地选择了环境的重要特征,避免了人为选择特征造成的信息缺失。在识别阶段,将环境图像的所有像素作为网络的输入,经过网络的计算,其输出就是识别结果。

论文以 Visual C++ 6.0 为平台,研究基于 PARCONe 算法的移动机器人视觉环境识别系统,并将算法应用到实际的 NAO 机器人上,实现移动机器人利用视觉对环境的识别。实验表明,本文提出的部分连接网络对环境图像有较好的识别能力,并且对亮度、缩放、旋转等变化有较好的鲁棒性,能使移动机器人较为准确地识别环境。

关键词: 移动机器人; 环境识别; 神经网络

Abstract

Mobile Robots apperceive the outside world mainly through vision, touch and range sensors, among which the vision sensor can obtain most of the information about the environment. It is full of theoretical and realistic significance to research on how to use Mobile Robots' vision sensor for the environment recognition.

It is an effective method to image pattern recognition in recent years. Traditionally, image pattern recognition based on neural network needs feature extraction first, and then the most important features extracted by the researchers are delivered to the neural network classifier for training and recognizing. However, there is no unified method to solve the problems such as which features to choose and how many features to maintain.

In this paper, a new type of neural network model——PARCONE (Partially Connected Neural Evolutionary) proposed by our laboratory was improved, and was applied to the Mobile Robots environment recognition. The method can overcome the disadvantage that the previous neural networks can not accept more than thousands of inputs. In the new model, firstly, all neurons can be connected with a fixed number of other neurons, which we call partially connected. In the process of training, all pixels of the image what Mobile Robots observes are inputted into the network instead of feature extraction. Evolution occurs by mutating the weight values, and by creating and deleting random connections by genetic algorithm (GA). In this way, our neural network can automatically select the most important features of the environment to avoid information loss caused by human selective features. During the period of recognition, all pixels of the environment image are also set as input neurons. Through the network, the output is the result for environment recognition.

Using Visual c++ 6.0 as a design platform, the paper researches on vision-guided environment recognition system of Mobile Robots based on PARCONE algorithm, and realized this method on “NAO” robot. The experimental results show that the new neural model has not only a strong recognition ability in environment recognition, but

also has good robustness against image transformation such as illumination, rotation and scale transformation. The Mobile Robots using the PARCONE algorithms can recognize environment well.

Key Words: Mobile Robots; Environment Recognition; Neural Network

厦门大学博硕士论文摘要库

目录

第一章 绪论	1
1.1 论文研究的背景与意义	1
1.1.1 移动机器人的发展.....	1
1.1.2 基于计算机视觉的移动机器人环境识别.....	2
1.1.3 神经网络图像识别技术.....	2
1.2 论文研究的主要内容及创新点	3
1.3 论文结构安排	4
第二章 基于视觉的移动机器人研究.....	6
2.1 移动机器人及其视觉系统	6
2.2 基于视觉的移动机器人研究与应用	7
2.2.1 导航.....	7
2.2.2 定位.....	8
2.2.3 路径规划.....	9
2.2.4 地图构建.....	9
2.2.5 避障.....	10
2.2.6 目标跟踪.....	10
2.3 移动机器人的环境识别研究现状	11
2.3.1 基于图像外观的环境识别.....	12
2.3.2 基于兴趣点的环境识别.....	13
2.3.3 小结.....	14
第三章 图像识别与人工神经网络理论.....	15
3.1 图像识别	15
3.1.1 图像识别的发展和现状.....	15
3.1.2 图像识别系统的组成.....	16
3.1.3 图像识别的方法及特点.....	17
3.2 神经网络理论	18
3.2.1 概述.....	18
3.2.2 神经元模型.....	19
3.2.3 神经网络结构.....	21
3.2.4 神经网络学习规则.....	23
3.2.5 人工神经网络的主要特点.....	24
3.3 神经网络图像识别技术	26
3.3.1 神经网络方法的提出.....	26
3.3.2 神经网络图像识别系统.....	27
第四章 神经网络与遗传算法的结合.....	28
4.1 遗传算法	28

4.1.1 遗传算法概述.....	28
4.1.2 遗传算法基本思想与步骤.....	28
4.1.3 应用遗传算法的关键技术.....	29
4.1.4 遗传算法的特点.....	30
4.2 神经网络和遗传算法的结合	31
4.2.1 概述.....	31
4.2.2 遗传算法优化神经网络的连接权值.....	32
第五章 基于遗传算法的部分连接神经网络.....	34
5.1 模型基本介绍	34
5.2 染色体编码	35
5.3 神经网络设计	37
5.3.1 中间层节点数.....	37
5.3.2 神经元输出规则.....	38
5.3.3 激活函数.....	38
5.4 遗传算法设计	39
5.4.1 适应度函数.....	39
5.4.2 遗传操作.....	39
5.4.3 停止条件.....	40
第六章 PARCONE 在移动机器人环境识别中的应用	41
6.1 实验方案的设计	41
6.2 仿真实验	43
6.2.1 可行性研究.....	43
6.2.2 鲁棒性研究.....	44
6.3 NAO 机器人的环境识别	47
第七章 总结与展望	51
7.1 总结	51
7.2 展望	52
参考文献	53
硕士期间发表论文	58
致谢	59

CONTENTS

Chapter 1: Introduce	错误！未定义书签。
1.1 Background and Significance of the Study	错误！未定义书签。
1.1.1 Development of Mobile Robots	错误！未定义书签。
1.1.2 Visual Environment Recognition of Mobile Robots	错误！未定义书签。
1.1.3 Image Recognition Based on Neural Networks	错误！未定义书签。
1.2 Study Content and Innovation of the Paper	错误！未定义书签。
1.3 Structure of the Paper	错误！未定义书签。
Chapter 2: Mobile Robots Research Based on Vision	错误！未定义书签。
2.1 Mobile Robots Vision System	错误！未定义书签。
2.2 Mobile Robots Research and Application Based on Vision	错误！未定义书签。
2.2.1 Navigation	错误！未定义书签。
2.2.2 Location	错误！未定义书签。
2.2.3 Route Planning	错误！未定义书签。
2.2.4 Map Building	错误！未定义书签。
2.2.5 Obstacle Avoidance	错误！未定义书签。
2.2.6 Target Tracking	错误！未定义书签。
2.3 Research Status of Mobile Robots Environment Recognition	错误！未定义书签。
2.3.1 Environment Recognition Based on Image Appearance	错误！未定义书签。
2.3.2 Environment Recognition Based on Interest Points	错误！未定义书签。
2.3.3 Summary	错误！未定义书签。
Chapter 3: Theory of Image Recognition and Artificial Neural Network	错误！未定义书签。
3.1 Theory of Image Recognition	错误！未定义书签。
3.1.1 Development and Status of Image Recognition	错误！未定义书签。
3.1.2 Structure of Image Recognition System	错误！未定义书签。
3.1.3 Method and Characteristics of Image Recognition	错误！未定义书签。
3.2 Theory of Artificial Neural Network	错误！未定义书签。
3.2.1 Introduce	错误！未定义书签。
3.2.2 Neuron Model	19
3.2.3 Neural Network Architecture	错误！未定义书签。
3.2.4 Learning Rule of Neural Network	错误！未定义书签。
3.2.5 Main Features of Neural Network	错误！未定义书签。
3.3 Technology of Image Recognition Based on Neural Networks	错误！未定义书签。
3.3.1 Introduce	错误！未定义书签。
3.3.2 Image Recognition System Based on Neural Networks	错误！未定义书签。
Chapter 4: Combination of Genetic Algorithm and Neural Network	错误！未定义书签。

4.1 Genetic Algorithm	错误！未定义书签。
4.1.1 Introduce	错误！未定义书签。
4.1.2 Essential Ideas and Steps of Genetic Algorithm	错误！未定义书签。
4.1.3 Key Techniques of Genetic Algorithm	29
4.1.4 Characteristics of Genetic Algorithm	错误！未定义书签。
4.2 Combination of Genetic Algorithm and Neural Network	错误！未定义书签。
4.2.1 Introduce	错误！未定义书签。
4.2.2 Optimize the Weight Values of Neural Network by Genetic Algorithm	错误！未定义书签。
Chapter 5: Partially Connected Neural Evolutionary	错误！未定义书签。
5.1 Basic Introduction of PARCONE	错误！未定义书签。
5.2 Chromosome Coding	错误！未定义书签。
5.3 Neural Network Design	错误！未定义书签。
5.3.1 Designe of the Number of Middle Neurons	错误！未定义书签。
5.3.2 Output Rules of Neurons	38
5.3.3 Activation Function	38
5.4 Genetic Algorithm Design	39
5.4.1 Fitness Function	39
5.4.2 Genetic Operation	39
5.4.3 Stop Condition	错误！未定义书签。
Chapter 6: Application of PARCONE in Mobile Robots	
Environment Recognition	错误！未定义书签。
6.1 Design of Experiment Scheme	错误！未定义书签。
6.2 Simulation Experiment	错误！未定义书签。
6.2.1 Feasibility Study	错误！未定义书签。
6.2.2 Robustness Study	错误！未定义书签。
6.3 Application in NAO robot	错误！未定义书签。
Chapter 7: Summay and Future Research	错误！未定义书签。
7.1 Summay	错误！未定义书签。
7.2 Future Research	错误！未定义书签。
References	错误！未定义书签。
第一章 绪论	1
1.1 论文研究的背景与意义	1
1.1.1 移动机器人的发展	1
1.1.2 基于计算机视觉的移动机器人环境识别	2
1.1.3 神经网络图像识别技术	2
1.2 论文研究的主要内容及创新点	3

1.3 论文结构安排	4
第二章 基于视觉的移动机器人研究.....	6
2.1 移动机器人及其视觉系统	6
2.2 基于视觉的移动机器人研究与应用	7
2.2.1 导航.....	7
2.2.2 定位.....	8
2.2.3 路径规划.....	9
2.2.4 地图构建.....	9
2.2.5 避障.....	10
2.2.6 目标跟踪.....	10
2.3 移动机器人的环境识别研究现状	11
2.3.1 基于图像外观的环境识别.....	12
2.3.2 基于兴趣点的环境识别.....	13
2.3.3 小结.....	14
第三章 图像识别与人工神经网络理论.....	15
3.1 图像识别	15
3.1.1 图像识别的发展和现状.....	15
3.1.2 图像识别系统的组成.....	16
3.1.3 图像识别的方法及特点.....	17
3.2 神经网络理论	18
3.2.1 概述.....	18
3.2.2 神经元模型.....	19
3.2.3 神经网络结构.....	21
3.2.4 神经网络学习规则.....	23
3.2.5 人工神经网络的主要特点.....	24
3.3 神经网络图像识别技术	26
3.3.1 神经网络方法的提出.....	26
3.3.2 神经网络图像识别系统.....	27
第四章 神经网络与遗传算法的结合.....	28
4.1 遗传算法	28
4.1.1 遗传算法概述.....	28
4.1.2 遗传算法基本思想与步骤.....	28
4.1.3 应用遗传算法的关键技术.....	29
4.1.4 遗传算法的特点.....	30
4.2 神经网络和遗传算法的结合	31
4.2.1 概述.....	31
4.2.2 遗传算法优化神经网络的连接权值.....	32
第五章 基于遗传算法的部分连接神经网络.....	34
5.1 模型基本介绍	34
5.2 染色体编码	35

5.3 神经网络设计	37
5.3.1 中间层节点数	37
5.3.2 神经元输出规则	38
5.3.3 激活函数	38
5.4 遗传算法设计	39
5.4.1 适应度函数	39
5.4.2 遗传操作	39
5.4.3 停止条件	40
方程段 1 节 1第六章 PARCONE 在移动机器人环境识别中的应	
用	41
6.1 实验方案的设计	41
6.2 仿真实验	43
6.2.1 可行性研究	43
6.2.2 鲁棒性研究	44
6.3 NAO 机器人的环境识别	47
第七章 总结与展望	51
7.1 总结	51
7.2 展望	52
参考文献	53
硕士期间发表论文	58
致谢	59

第一章 绪论

机器人从 20 世纪 60 年代诞生以来,伴随着电子技术、计算机技术、信号处理、图像识别和人工智能技术的快速发展,在短短的几十年内取得了巨大的进步,被视为人类 20 世纪最伟大的发明之一。而移动机器人作为机器人的一个重要分支,它们的工作环境逐渐从室内环境发展到室外、天空、水下甚至地球以外的行星,并且其应用范围不仅仅在工业制造领域,而且在军事、民用、科学探索领域也得到了广泛应用,极大的提高了人们的生活水平和工作效率。

1.1 论文研究的背景与意义

1.1.1 移动机器人的发展

自主移动机器人是一个集环境识别、动态决策与规划、行为控制与执行等功能于一体的综合系统^[1]。移动机器人集人工智能、智能控制、信息处理、图像处理、模式识别、检测等专业技术为一体,跨计算机、自动控制、模式识别、智能控制等多学科,成为当前智能机器人研究的热点之一。

移动机器人的研究始于 60 年代末期。斯坦福研究院(SRI)的 Nils Nilsson 和 Charles Rosen 等人,在 1966 年至 1972 年中研制出了取名 Shakey^[2]的自主移动机器人,目的是研究应用人工智能技术,在复杂环境下机器人系统的自主推理、规划和控制。与此同时,最早的操作式步行机器人也研制成功,从而开始了机器人步行机构方面的研究,以解决机器人在不平整地域内的运动问题,设计并研制出了多足步行机器人。其中最著名的是名为 General Electric Quadruped^[3]的步行机器人。70 年代末,随着计算机的应用和传感技术的发展,移动机器人研究又出现了新的高潮。特别是在 80 年代中期,一大批世界著名的公司开始研制移动机器人平台。90 年代以来,以研制高水平的环境信息传感器和信息处理技术,高适应性的移动机器人控制技术,真实环境下的规划技术为标志,开展了移动机器人更高层次的研究^[4]。随着移动机器人技术的进一步发展,可以预见其应用领域将涉及到人们工作与生活的每一个领域,并开创很多以前人无法进入而没有开发的新产业。

1.1.2 基于计算机视觉的移动机器人环境识别

作为传感器、执行器、运动规划密切结合的活动载体，移动机器人具有广阔的应用前景和商业价值，其研究也越来越受到人们的重视。要实现机器人的自主行动就要解决定位、导航及路径规划等问题。而环境识别则是解决上述问题的基础。特别是在未知环境中，由于存在许多不可知因素，难以进行有效的特征提取工作，用传统的基于特征提取的模式识别方法面临极大的困难。因此，移动机器人的环境识别问题是重要的研究课题之一。

视觉在人类生活中起着非常重要的作用，每天人们都通过眼睛采集大量的信息，这些信息经过大脑的处理，成为人们认知和理解世界的基础。科学证明，人类从外部世界得到的总信息的 80%来自于视觉系统。计算机视觉技术对移动机器人来说同样至关重要，通过视觉采集环境的信息是移动机器人感知外部环境的最主要、最直接的手段。近几年来，由于计算机图像处理能力和技术的飞速发展以及大量的数字图像处理设备性能价格比的提高，视觉传感器在移动机器人环境识别、导航、路径规划等领域中的应用越来越受到研究者的重视，并表现出很好的发展前景。因此，利用视觉传感器作为主要的环境识别手段来实现移动机器人环境识别，并进行导航、路径规划等方面的应用有着很重要的应用价值。

移动机器人视觉技术主要研究在视觉引导下移动机器人以智能和灵活的方式对其周围的环境做出反应，即机器人通过视觉传感器感知环境，通过对环境信息的感知，可以实现环境识别、定位、构建环境地图、检测障碍等。

1.1.3 神经网络图像识别技术

如前所述，视觉系统为移动机器人提供了大量的信息，而图像作为视觉感知环境所获得信息量的客观表现，对图像的识别显得尤为重要。图像识别所研究的是如何根据计算机通过对图像所提供的特征信息的分析将图像或图像中的一个或多个客体目标进行识别并分类。这正是对图像所表示场景信息进一步分析所要具备的基础。它研究的理论和方法在很多科学和技术领域中得到了广泛的重视，推动了人工智能系统的发展，扩大了计算机应用的可能性。在图像理解和机器人视觉中使用了很多图像识别的概念和方法，移动机器人的环境识别

与图像识别的关系尤为密切，两者相互交叉，不可分割。因此，图像模式识别技术的不断发展对图像理解和机器人视觉的发展起着重要的支持作用。

相对于其他方法而言，神经网络用于图像识别主要具有以下优点^[5]：（1）神经网络的信息分布式存储于连接权值系数中，使网络具有很高的容错性，而图像识别中往往存在噪声或输入图像的部分损失，因此神经网络可以较好地解决图像识别问题，可处理一些环境信息十分复杂，背景知识不清楚，推理规则不明确的问题，容许目标图像出现局部缺损、畸变；（2）神经网络的特征内部表示能力使其可以在一定程度上，自动获取用常规的启发式和变换方法很难提取的目标特征，其神经网络的自组织和自学习功能，大大放松了传统图像识别方法所需的约束条件，使其对图像识别问题显示出了极大的优越性。

总之，由于神经网络的高速并行处理、分布存储信息等特性符合人类视觉系统的基本工作原则，具有很强自学习性、自组织性、容错性、高度非线性、高鲁棒性、联想记忆功能和推理意识功能等，能够实现目前基于计算理论层次上的图像模式识别理论所无法完成的模式信息处理工作，所以，采用神经网络进行图像识别，突破了传统图像识别技术的束缚，开辟了图像识别发展的新途径。

1.2 论文研究的主要内容及创新点

传统的计算机图像识别方法通常先对图像进行特征提取（如边界识别、主成分分析等），再根据图像提取到的特征值，利用模式识别的方法进行分类判决与识别。其中，特征的选择和抽取是最重要的基础性环节，其目的是选取对分类贡献较大的特征，剔除贡献微小的特征，从而降低特征向量的维数。然而，以特征提取为基础的方法遇到了极大的困难，如何结合具体的识别任务，恰当地选择主要特征，选取多少特征，都存在很大的盲目性。同时，大多数识别方法的自适应性能比较差，一旦目标图像被较强的非线性噪声污染，或是目标图像有较大残缺、畸变（平移、缩放或旋转等）等，往往得不出理想的结果。另外，不同的应用领域的图像识别技术几乎都非常依赖本领域的专业知识，使得它们只能在本领域内发挥作用，一旦识别目标不是该领域的就完全束手无策了。相比之下人类的视觉就表现出非常的灵活性和自适应性，识别的对象范围几乎

没有限制，并且在目标图像发生很大扭曲甚至只有某个残片图像也能将目标识别出来。如何加强图像识别技术的适应性和鲁棒性，研究具有通用性的图像识别技术，成为了研究图像识别的一个热点问题

论文从移动机器人的视觉技术与图像识别的角度出发，改进了本实验室提出的新型神经网络模型——基于遗传算法的部分连接神经网络（Partially Connected Neural Evolutionary，简称 PARCONE）^[6]。该网络可以接收数以万计的输入神经元，而不会陷于“维数灾难”，可以进行无特征提取的图像识别，避免了人为选择目标图像特征带来的局限性。作者将该方法应用到移动机器人的环境识别领域，即用训练后的神经网络来表示环境，实现移动机器人利用视觉对视场中环境的识别。环境识别的过程如下：移动机器人在一个新环境中通过视觉传感器感知环境，采集多幅同一环境的图像作为神经网络训练的正例，选取任何其他场景图像作为反例。正、反例输入部分连接的神经网络，利用 PARCONE 算法在后台计算机训练网络（目前还无法做到实时训练），将训练后的网络形式表示该环境，移动机器人获得了识别该环境的能力。一旦移动机器人进入同一环境，利用训练好的网络识别该环境是否为曾经访问的环境。

本研究的意义在于提供一种有效方法使移动机器人能较为准确的识别环境，且不受方位、光照、距离、平面旋转角度等的影响。尤其是实现在未知环境中的环境识别，因为未知环境中存在着许多不可知因素，并且很难对这些未知因素建模，从而难以进行传统的基于特征提取的环境识别。只有在准确识别环境的基础上，移动机器人才能更准确地完成导航、路径规划、避障等任务。

实验结果表明基于 PARCONE 算法的移动机器人环境识别系统取得了较好的识别效果，具有较好的适应性、鲁棒性。另外，该方法也可应用到其他图像模式识别场合，具有通用性。

1.3 论文结构安排

本文总共分七个章节。主要内容如下：

第一章：介绍了论文研究的背景与意义，分析存在的主要问题并提出了本文研究的主要内容。

第二章：介绍了目前移动机器人的视觉技术的一些主要应用，如机器人导

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库